

吕艳东,汪浩,郭晓红,等. 肥水互作对寒地水稻产量构成因素及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):74-78.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.019

肥水互作对寒地水稻产量构成因素及产量的影响

吕艳东¹,汪浩^{1,2},郭晓红¹,李红宇¹,周健¹,潘世驹¹,姜玉伟¹,王龙¹,姜红芳¹,郑桂萍¹

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院/黑龙江省教育厅寒地作物种质改良与栽培重点实验室,黑龙江大庆 163319;

2. 黑龙江省前哨农场,黑龙江同江 156400)

摘要:采用随机区组法,以龙庆稻 2 号和垦鉴稻 5 号为试验材料,研究肥水互作对寒地水稻产量构成因素及产量的影响。结果表明:2 个品种的肥料与水分处理间在穗数、结实率、千粒质量及产量上均存在互作关系;高肥及有效分蘖末至收获以 -10 kPa 为控水下限的水分管理有利于龙庆稻 2 号产量的提高,低肥及全生育期常规的水分管理不利于其产量的提高;低肥及全生育期常规的水分管理有利于垦鉴稻 5 号产量的提高。

关键词:肥水互作;寒地;水稻;产量;产量构成

中图分类号:S511.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)01-0074-05

在农业生态系统中,水分和养分是密不可分的,合理的水肥交互作用能促进作物生长,提高产量^[1]。水稻是世界上最重要的粮食作物之一,土壤水分和养分是影响其产量的重要因子,水是发展水稻生产的先决条件。水稻的产量是由单位面积穗数、每穗粒数、结实率、千粒质量等因素构成,因为产量性状是在不同生育阶段形成,所以不同生育时期干旱会对不

同的产量性状产生影响^[2-4]。另有研究表明,适宜的水肥条件可以促进作物生长,提高产量,在土壤水分很少的情况下,通过协调土壤水分和养分的关系,可获得较为理想的产量^[5-7]。多年来,国内外关于水分和养分对水稻产量的作用的研究已有丰富的报道^[8-11]。然而水分和肥料对产量的交互作用报道很少^[12],尤其是有关水分和肥料对寒地水稻产量的交互作用报道更少^[13]。本试验以土壤水势为指标严格监测土壤水势,研究有效分蘖末至成熟期控水及不同的肥料处理对寒地水稻产量的影响,以期节水栽培提供理论基础和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

试验于 2013 年在庆安水利试验站进行。

1.2 供试品种和肥料

供试品种为龙庆稻 2 号和垦鉴稻 5 号,均为 12 叶品种。供试肥料为 46.4% 尿素、46% 磷酸二铵、50% 硫酸钾、99% 七水硫酸镁。

收稿日期:2014-12-09

基金资助:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303007);国家科技支撑计划(编号:2011BAD16B11、2013BAD07B01);黑龙江省博士后资助经费项目(编号:LBH-Z13167);黑龙江省农垦总局科研项目(编号:HNK125B-07-08、HNK12A-02-18);黑龙江八一农垦大学省作物学重点学科学术骨干科研启动金项目(编号:ZWXQDJ-8);黑龙江八一农垦大学博士启动金项目(编号:XDB2012-03);黑龙江八一农垦大学大学生创新创业训练计划项目(编号:201310223009)。

作者简介:吕艳东(1978—),男,黑龙江肇州人,博士,副研究员,主要从事水稻节水栽培研究。E-mail: luyandong336@sohu.com。

通信作者:郑桂萍,博士,教授,主要从事水稻生理生态研究。

E-mail: dqzgp@163.com。

[7] 顾地周,邓志刚,蔡茂伟,等. 苞叶杜鹃离体培养及种质试管保存体系的建立[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2009,33(3):20-24.

[8] 顾地周,冯颖,顾美影,等. 基于均匀设计优化手参体细胞胚胎发生及植株再生体系[J]. 中草药,2010,41(6):989-993.

[9] 顾地周,高捍东,王艳萍,等. 基于均匀设计优化绶草体细胞胚胎发生发育体系及扫描电镜观察[J]. 华南农业大学学报,2010,31(1):60-64.

[10] 顾地周,王秋爽,张学士. 展枝唐松草种子育苗关键技术研究[J]. 种子,2014,33(6):122-124.

[11] 安娜,朱艳,崔秀明,等. 三七种子后熟期生理生化的动态研究 III. 不同贮藏条件下种子酶活性分析[J]. 西南农业学报,2010,23(5):1477-1480.

[12] Ryu J S, Kim J I, Kunkel T, et al. Phytochrome-specific type 5 phosphatase controls light signal flux by enhancing phytochrome stability and affinity for a signal transducer[J]. Cell,2005,120(3):

395-406.

[13] Ogawa M, Hanada A, Yamauchi Y, et al. PHL5, a phytochrome-interacting basic helix-loop-helix protein, is a key negative regulator of seed germination in *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Cell, 2004,16:3045-3058.

[14] Tan B C, Joseph L M, Deng W T, et al. Proteins and gibberellin regulated seed germination and floral development in *Arabidopsis* [J]. Plant Physiol,2004,135:1008-1019.

[15] Gallardo K, Job C, Groot S P, et al. Importance of methionine biosynthesis for *Arabidopsis* seed germination and seedling growth[J]. Physiologia Plantarum,2002,116(2):238-247.

[16] Yamauchi Y, Ogawa M, Kuwahara A, et al. Activation of gibberellin biosynthesis and response pathways by low temperature during imbibition of *Arabidopsis thaliana* seeds[J]. The Plant Cell,2004,16(2):367-378.

1.3 试验设计

采用二因素随机区组试验设计,3 次重复。各种肥料施入量及比例如表 1。分蘖肥分 2 次进行,第 1 次施分蘖肥总量的 70%~80%,于返青后(4 叶期)立即施用;第 2 次施分蘖肥总量的 20%~30%,12 叶品种于 6.0 叶龄施于色淡、生长差、分蘖少处。用负压式真空表监测土壤水势,设 3 个水势梯度,分别为当土壤水势达 -10、-15、-20 kPa 时灌水,即 -10、-15、-20 kPa 为控水下限,自泡田起就要记录灌水定额。具体操作为秧苗移栽本田后,5~6 cm 水层深水护苗返青,在返青后的各个生育阶段,除了除草和施肥期间,灌水后田面不再保留水层,水分管理如表 2,以常规栽培的水分管理为 CK,蜡熟末停灌。

1.4 栽培方式

育苗按常规旱育壮苗模式化进行,在同一条件下育苗。每小区面积 4 m²,每小区内栽植 2 个品种,每品种 4 行,行距

28 cm,穴距 13 cm,每穴 4 苗,每个小区单排单灌。本田按叶龄指标计划化管理,适期收获。

1.5 测试内容与方法

记录每次灌水的时间及灌水量。水稻成熟时每个品种的处理和对照选取有代表性的植株 4 穴,带回室内考察农艺性状和产量性状,测定项目主要有穗数、实粒数、空秕粒数,并称取相应粒质量,计算结实率、千粒质量和理论产量。

2 结果与分析

2.1 肥水互作对寒地水稻穗数的影响

由图 1 可以看出,龙庆稻 2 号的 3 种肥料处理以 F2 处理的穗数最多,F1 处理的穗数最少,其中 F2 与 F3 之间差异显著,F2、F3 与 F1 之间差异极显著。垦鉴稻 5 号以 F3 处理的穗数最多,F2 处理的穗数最少,其中 F3 与 F1、F2 之间差异极显著,F1 与 F2 之间差异不显著。

表 1 肥水互作与水稻产量关系研究肥料处理

试验区	肥料种类	施肥总量(kg/km ²)			施肥量(%)					
		F1	F2	F3	基肥	蘖肥	调节肥	9.0~9.3 叶进行	穗肥	粒肥
庆安	尿素	210	210	252	40	30	10		10~20	0~10
水利站	磷酸二铵	130.5	130.5	156	100					
	硫酸钾	184.5	184.5	222	50				50	
	七水硫酸镁		100.5	120	50			50		

表 2 肥水互作与水稻产量关系研究水分处理

处理编号	水势处理	控水时期
S1	-10 kPa	有效分蘖末-收获
S2	-15 kPa	有效分蘖末-收获
S3	-20 kPa	有效分蘖末-收获
S4	常规水分管理	整个生育期间

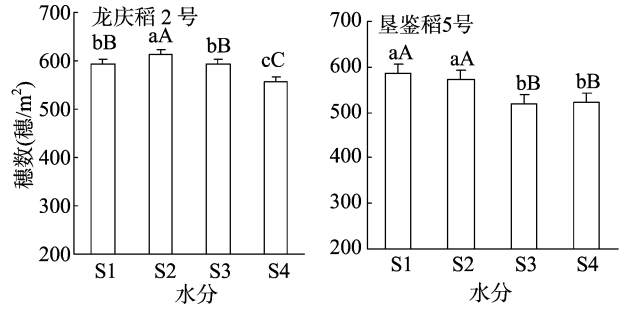
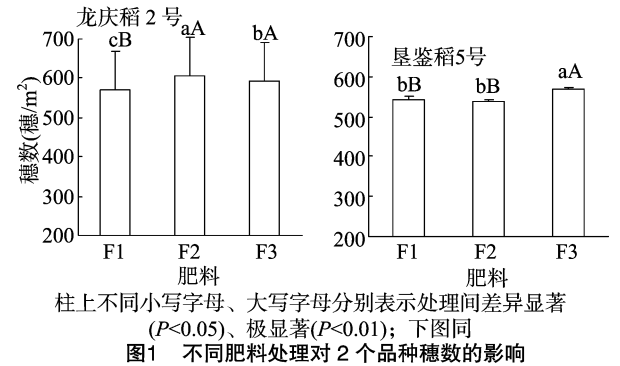


图 2 不同水分处理对 2 个品种穗数的影响

表 3 不同肥水下穗数的新复极差测验

龙庆稻 2 号		垦鉴稻 5 号	
肥水	穗数(穗/m ²)	肥水	穗数(穗/m ²)
F2S2	634.5aA	F3S1	601.4aA
F2S1	613.6abAB	F3S2	594.7abAB
F1S2	604.8bcABC	F1S1	584.6abcAB
F3S3	604.8bcABC	F2S1	569.7bcABC
F3S2	603.5bcdABC	F1S2	567.0bcABC
F1S3	590.0bcdeBC	F2S2	556.9cdBCD
F3S1	589.3bcdeBC	F3S3	552.8cdBCDE
F2S3	588.6bcdeBC	F1S4	530.6defCDEF
F2S4	588.6bcdeBC	F3S4	523.8efgDEF
F1S1	578.5cdeC	F2S3	512.3fgEF
F3S4	573.8eC	F2S4	511.7fgEF
F1S4	506.3fD	F1S3	492.8gF

注:同列数据后不同小写字母、大写字母表示处理间差异显著(P>0.05)、极显著(P<0.06)。

垦鉴稻 5 号穗粒数影响的 F 测验结果说明,肥料间的差异不显著,水分间、肥料×水分间的差异极显著;由此说明不同的水分处理对龙庆稻 1 号的穗粒数有影响肥料间的比较:2 个

品种的各肥料间差异不显著(图 3)。但就肥料的平均效应而言,龙庆稻 2 号以 F3 的穗粒数最多,垦鉴稻 5 号以 F1 的穗粒数最多。

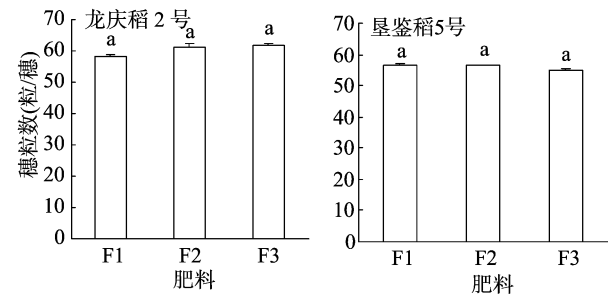


图3 不同肥料处理对 2 个品种穗粒数的影响

水分间的比较:龙庆稻 2 号的各水分间差异不显著;垦鉴稻 5 号的 S4 与 S1、S2 差异极显著,S3 与 S1 之间差异显著,S3 与 S2 之间差异极显著(图 4)。因此,就肥料的平均效应而言,龙庆稻 2 号以 S1 的穗粒数最多,S3 次之,S2 最少;垦鉴稻 5 号以 S4 的穗粒数最多,S3 次之,S2 最少。

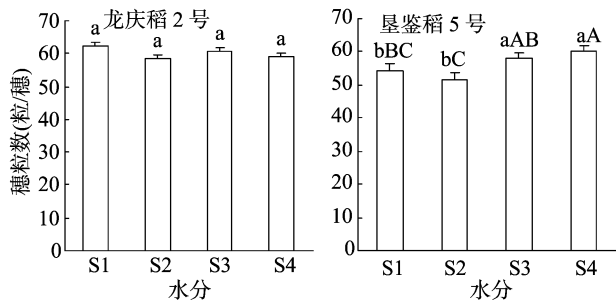


图4 不同水分处理对 2 个品种穗粒数的影响

由于 2 个品种肥料与水分间存在互作效应,说明各处理组合的效应不是各单因素效应的简单相加,而是肥料效应随水分而不同。龙庆稻 2 号以 F3S1 的穗粒数最多;垦鉴稻 5 号以 F1S4 的穗粒数最多,2 个品种均以组合 F1S2 穗粒数最少(表 4)。其中龙庆稻 2 号的 F3S1 与 F1S2 的差异显著;垦鉴稻 5 号的 F1S4、F2S3、F1S3 与 F1S2 差异极显著。

表 4 不同肥水下穗粒数的新复极差测验

龙庆稻 2 号		垦鉴稻 5 号	
肥水	粒穗数(粒/穗)	肥水	穗粒数(粒/穗)
F3S1	70.1aA	F1S4	66.8aA
F2S2	62.9bAB	F2S3	61.2abAB
F1S3	62.1bAB	F1S3	58.5bcB
F2S1	62.0bAB	F2S4	57.2bcBC
F1S4	61.7bAB	F3S1	56.9bcBC
F2S3	61.2bAB	F3S4	56.1bcBC
F3S2	60.0bcAB	F3S3	53.9cdBC
F3S3	59.4bcB	F2S1	53.5cdBC
F2S4	59.3bcB	F2S2	53.2cdBC
F3S4	56.9bcB	F1S1	52.8cdBC
F1S1	55.5bcB	F3S2	52.8cdBC
F1S2	52.7cB	F1S2	48.9dC

注同表 3。

2.3 肥水互作对寒地水稻结实率的影响

肥水对龙庆稻 2 号结实率影响的 F 测验结果说明,肥料

间的差异不显著,而水分间、肥料 \times 水分间差异显著;肥水对垦鉴稻 5 号结实率影响的 F 测验结果说明,肥料间的差异不显著,水分间、肥料 \times 水分间差异极显著。由此说明不同的水分处理对龙庆稻 1 号的结实率均有影响肥料间的比较:2 个品种各处理间的差异均不显著(图 5),且 2 个品种均以 F1 处理的结实率最高,F3 处理的结实率最低。

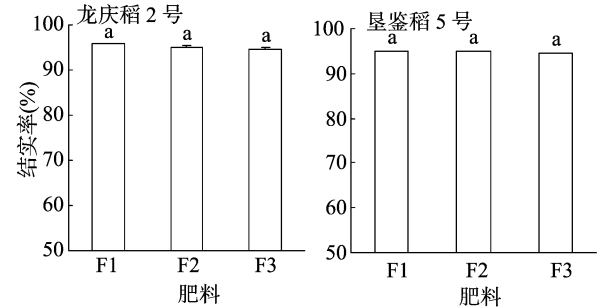


图5 不同肥料处理对 2 个品种结实率的影响

水分间的比较:龙庆稻 2 号的 S1 与 S2、S3 之间的差异显著;垦鉴稻 5 号的 S1 与 S3、S4 差异极显著,S1 与 S2 差异显著(图 6)。就水分的平均效应而言,2 个品种均以 S1 的结实率最低。

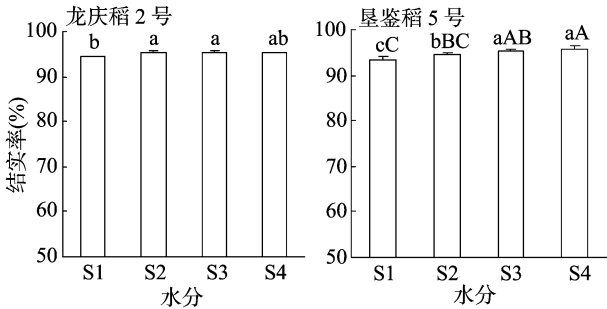


图6 不同水分处理对 2 个品种结实率的影响

由于 2 个品种的结实率肥料与水分间存在互作效应,说明各处理组合的效应不是各单因素效应的简单相加,而是肥料效应随水分而不同。龙庆稻 2 号的结实率以 F1S4 的最高,与 F1S1 差异极显著,与 F3S1、F3S4 差异显著(表 5)。垦鉴稻 5 号以 F3S4 的结实率最高,F3S1 的结实率最低。

表 5 不同肥水下结实率的新复极差测验

龙庆稻 2 号		垦鉴稻 5 号	
肥水	结实率(%)	肥水	结实率(%)
F1S4	96.5aA	F3S4	96.6aA
F1S3	96.2abAB	F1S2	96.3aAB
F1S2	96.1abAB	F2S3	95.9aABC
F2S3	95.2abcAB	F3S3	95.9aABC
F2S2	95.2abcAB	F1S4	95.5abABC
F3S2	95.1abcAB	F2S4	95.4abcABC
F2S1	95.1abcAB	F1S3	94.2bcdBCD
F3S3	95.1abcAB	F1S1	94.2bcdBCD
F2S4	94.6abcAB	F2S2	94.1bcdBCD
F3S1	94.4bcAB	F2S1	93.7cdCD
F3S4	94.3bcAB	F3S2	92.9dD
F1S1	93.7cB	F3S1	92.6dD

注同表 3。

2.4 肥水对水稻千粒质量的影响

肥水对龙庆稻 2 号千粒质量影响的 F 测验结果说明,水

分间差异不显著,肥料间、肥料×水分间的差异显著;肥水对垦鉴稻 5 号千粒质量影响的 *F* 测验结果说明,肥料间、水分间的差异不显著,肥料×水分间的差异极显著。

肥料间的比较:龙庆稻 2 号以 F1 的千粒质量最高,F2 的最低,且两者的差异显著;垦鉴稻 5 号的千粒质量三处理之间无显著差异(图 7)。

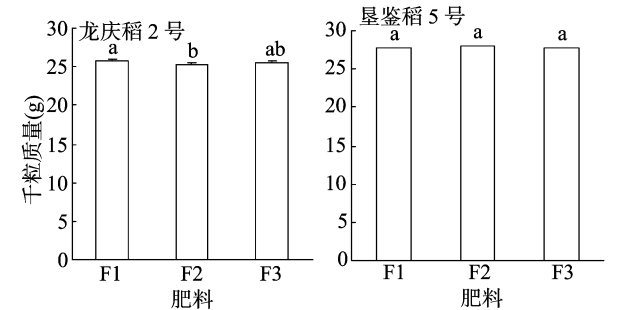


图7 不同肥料处理对 2 个品种千粒质量的影响

水分间的比较:2 个品种各处理间的差异不显著,且 2 个品种的千粒质量均以 S4 的最高(图 8)。

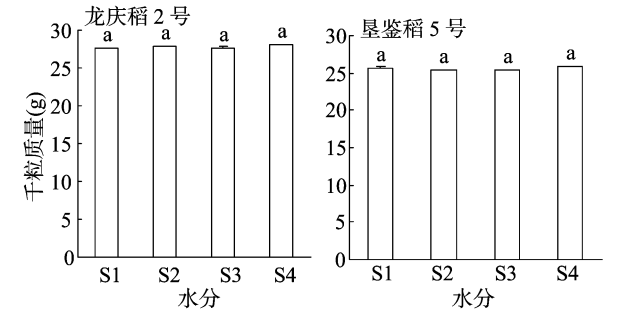


图8 不同水分处理对 2 个品种千粒质量的影响

由于 2 个品种的千粒质量肥料与水分间存在互作效应,说明各处理组合的效应不是各单因素效应的简单相加,而是肥料效应随水分而不同。龙庆稻 2 号的处理 F1S1 与 F2S2 差异极显著,F1S1 与 F2S3 差异显著;垦鉴稻 5 号的处理 F2S4 与 F3S3、F1S4 差异极显著,F1S2、F3S4 与 F1S4 差异显著(表 6)。其中龙庆稻 2 号以 F1S1 的千粒质量最高,F2S2 的千粒质量最低;垦鉴稻 5 号以 F2S4 的千粒质量最高,F1S4 的千粒质量最低。

表 6 不同肥水下千粒质量的新复极差测验

龙庆稻 2 号		垦鉴稻 5 号	
肥水	千粒质量(g)	肥水	千粒质量(g)
F1S1	26.3aA	F2S4	28.8aA
F1S4	26.0abAB	F1S2	28.2abAB
F2S4	25.8abcAB	F3S4	28.2abAB
F3S4	25.6abcAB	F2S3	28.0abcAB
F3S2	25.6abcAB	F1S3	28.0abcAB
F3S1	25.5abcAB	F3S2	27.7bcAB
F1S2	25.5abcAB	F3S1	27.6bcAB
F1S3	25.4abcAB	F1S1	27.6bcAB
F3S3	25.4abcAB	F2S2	27.6bcAB
F2S1	25.3abcAB	F2S1	27.5bcAB
F2S3	25.3bcAB	F3S3	27.2bcB
F2S2	24.9cB	F1S4	26.9cB

注同表 3。

2.5 肥水对水稻产量的影响

肥水对龙庆稻 2 号理论产量影响的 *F* 测验结果说明,肥料间、水分间、肥料×水分间的差异极显著;肥水对垦鉴稻 5 号理论产量影响的 *F* 测验结果说明,肥料间的差异不显著,水分间、肥料×水分间的差异极显著。

肥料间的比较:龙庆稻 2 号的 F2 与 F1 差异达极显著水平,F3 与 F1 差异达极显著水平;垦鉴稻 5 号的各肥料间无显著差异(图 9)。就肥料的平均效应而言,两品种均以 F2 的理论产量最高,F1 的理论产量最低。

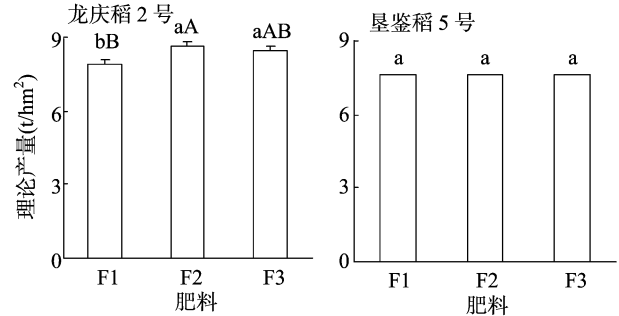


图9 不同肥料处理对两品种理论产量的影响

由 3 种肥料中各个组合间多重比较结果可以看出(表 7):龙庆稻 2 号均以 S4 的理论产量最低,说明在这 3 种肥料处理条件下,全生育期常规的水分管理不利于其理论产量的增加。垦鉴稻 5 号 F1 中各个组合间以 S4 的理论产量最高,且与 S1、S2、S3 之间的差异达极显著水平;垦鉴稻 5 号 F2 中各个组合间以 S3 的理论产量最高,且与 S2 之间的差异达极显著水平,与 S1 之间的差异达显著水平,S4 的理论产量次之,且与 S2 之间的差异达显著水平;垦鉴稻 5 号 F3 中各个组合间以 S1 的理论产量最高,S4 的理论产量次之,且 4 种水分处理间差异不显著。

表 7 不同肥料中各个组合间理论产量的新复极差测验

肥料处理	龙庆稻 2 号		垦鉴稻 5 号	
	水分处理	理论产量均值(t/hm²)	水分处理	理论产量均值(t/hm²)
F1	S3	8.43aA	S4	8.78aA
	S1	7.73aA	S1	7.55bB
	S2	7.66aA	S2	7.01bB
	S4	7.59aA	S3	6.92bB
F2	S2	8.92aA	S3	8.15aA
	S1	8.82aA	S4	7.86abAB
	S3	8.35aA	S1	7.33bcAB
	S4	8.19aA	S2	7.02cB
F3	S1	9.44aA	S1	7.81aA
	S3	8.46bAB	S4	7.70aA
	S2	8.13bB	S2	7.47aA
	S4	7.64bB	S3	7.37aA

注同表 3。

水分间的比较:龙庆稻 2 号的 S1 与 S4 差异达极显著水平,S3 与 S4 差异达极显著水平;垦鉴稻 5 号的 S4 与 S1、S2、S3 差异达极显著水平(图 10)。就水分的平均效应而言,龙庆稻 2 号以 S1 的理论产量最高,S4 的理论产量最低;垦鉴稻 5 号以 S4 的理论产量最高,S2 的理论产量最低。

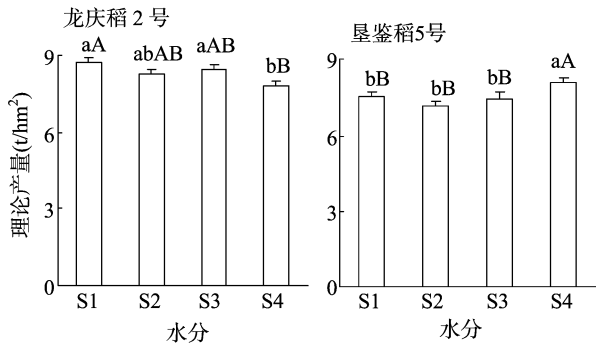


图10 不同水分处理对 2 个品种理论产量的影响

由于 2 个品种的理论产量肥料与水分间存在互作效应,说明各处理组合的效应不是各单因素效应的简单相加,而是肥料效应随水分而不同。龙庆稻 2 号的处理 F3S1 与 F1S1、F1S2、F3S4、F1S4 差异达极显著水平,F2S2、F2S1 与 F1S1、F1S2、F3S4、F1S4 差异达显著水平。垦鉴稻 5 号的处理 F1S4 与 F2S3 差异不显著,与 F2S4、F3S1 差异达显著水平,与其他各处理差异达极显著水平;F2S3 与 F2S1 差异达显著水平,与 F2S2、F1S2、F1S3 差异达极显著水平;F2S4 与 F2S2、F1S2、F1S3 差异达显著水平;F3S1 与 F1S3 差异达显著水平(表 8)。其中龙庆稻 2 号以 F3S1 的理论产量最高,F1S4 的理论产量最低;垦鉴稻 5 号以 F1S4 的理论产量最高,F1S3 的理论产量最低。

表 8 不同肥水下理论产量的新复极差测验

龙庆稻 2 号		垦鉴稻 5 号	
肥水	产量(t/hm ²)	肥水	产量(t/hm ²)
F3S1	9.44aA	F1S4	8.78aA
F2S2	8.92abAB	F2S3	8.15abAB
F2S1	8.82abAB	F2S4	7.86bcABC
F3S3	8.46abcAB	F3S1	7.81bcdABC
F1S3	8.43abcAB	F3S4	7.70bcdeBC
F2S3	8.35bcAB	F1S1	7.55bcdeBC
F2S4	8.19bcAB	F3S2	7.47bcdeBC
F3S2	8.13bcAB	F3S3	7.37bcdeBC
F1S1	7.73cB	F2S1	7.33cdeBC
F1S2	7.66cB	F2S2	7.02deC
F3S4	7.64cB	F1S2	7.01deC
F1S4	7.59cB	F1S3	6.92cC

注同表 3。

3 结论

3.1 肥料和水分的互作反应

2 个品种的穗数、穗粒数、结实率和千粒质量在肥料与水分间存在互作效应。龙庆稻 2 号以 F2S2、F2S1 的穗数较多;垦鉴稻 5 号以 F3S1、F3S2 的穗数较多。龙庆稻 2 号以 F3S1 的穗粒数最多;垦鉴稻 5 号以 F1S4 的穗粒数最多;两品种均以组合 F1S2 穗粒数最少。龙庆稻 2 号的结实率以 F1S4 的最高;垦鉴稻 5 号以 F3S4 的结实率最高,F3S1 的结实率最低。龙庆稻 2 号以 F1S1 的千粒质量最高,F2S2 的千粒质量最低;垦鉴稻 5 号以 F2S4 的千粒质量最高,F1S4 的千粒质量最低。

3.2 肥料间的比较

龙庆稻 2 号以 F2 的穗数最多,F1 处理的穗数最少;垦鉴稻 5 号以 F3 处理的穗数最多,F2 处理的穗数最少。2 个品种

的穗粒数各肥料间无显著差异,但就肥料的平均效应而言,龙庆稻 2 号以 F3 的穗粒数最多,垦鉴稻 5 号以 F1 的穗粒数最多。2 个品种的结实率各处理间无显著差异,且 2 个品种均以 F1 处理的结实率最高,F3 处理的结实率最低。龙庆稻 2 号以 F1 的千粒质量最高,F2 的最低,且两者的差异达显著水平;垦鉴稻 5 号的千粒质量 3 个处理之间无显著差异。

3.3 水分间的比较

2 个品种的穗数均表现为 S1、S2 多于 S4。龙庆稻 2 号以 S1 的穗粒数最多,S3 次之,S2 最少,但各水分间差异不显著;垦鉴稻 5 号以 S4 的穗粒数最多,S3 次之,S2 最少。2 个品种均以 S1 的结实率最低。两品种的千粒质量各处理间差异不显著,且均以 S4 的最高。

3.4 3 种肥料处理间

2 个品种均以 F2 的理论产量最高,F1 的理论产量最低;在这 3 种肥料处理条件下,龙庆稻 2 号全生育期常规的水分管理不利于其理论产量的增加,垦鉴稻 5 号与之相反。4 种水分处理间,龙庆稻 2 号以 S1 的理论产量最高,S4 的理论产量最低;垦鉴稻 5 号以 S4 的理论产量最高,S2 的理论产量最低。2 个品种的理论产量肥料与水分间存在互作效应;龙庆稻 2 号以 F3S1 的理论产量最高,F1S4 的理论产量最低,高肥及有效分蘖末至收获以 -10 kPa 为控水下限的水分管理有利于其产量的提高,低肥及全生育期常规的水分管理不利于其产量的提高;垦鉴稻 5 号以 F1S4 的理论产量最高,F1S3 的理论产量最低,低肥及全生育期常规的水分管理有利于其产量的提高。

参考文献:

[1] 金 剑,刘晓冰,王光华,等. 水肥耦合对春小麦群体叶面积及产量的影响[J]. 吉林农业大学学报,2005,27(3):241-244,247.
[2] 黄富才,吕艳东,郭晓红,等. 结实期水分供应对寒地水稻灌浆动态和产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2013,25(1):12-18.
[3] 王成媛,王伯伦,张文香,等. 不同生育时期干旱胁迫对水稻产量与碾米品质的影响[J]. 中国水稻科学,2007,21(6):643-649.
[4] 周广生,徐才国,靳德明,等. 分蘖期节水处理对水稻生物学特性的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(9):1767-1773.
[5] 黄文江,黄义德,王纪华,等. 水稻旱作对其生长量和经济产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(4):15-19.
[6] 魏永华,何双红,徐长明. 控制灌溉条件下水肥耦合对水稻叶面积指数及产量的影响[J]. 农业系统科学与综合研究,2010,26(4):500-505.
[7] 徐芬芬,曾晓春,石庆华,等. 不同灌溉方式对水稻生长与产量的影响[J]. 江西农业大学学报,2005,27(5):653-658.
[8] 郑桂萍,李金峰,钱永德,等. 土壤水分对水稻产量与品质的影响[J]. 作物学报,2006,32(8):1261-1264.
[9] 郭晓红,郑桂萍,殷大伟,等. 结实前水分供应对寒地水稻灌浆动态和产量的影响[J]. 水土保持通报,2012,32(4):86-91.
[10] 王伟妮,鲁剑巍,何予卿,等. 氮、磷、钾肥对水稻产量、品质及养分吸收利用的影响[J]. 中国水稻科学,2011,25(6):645-653.
[11] 王新兵,郑桂萍,赵洪英. 硅、钾、镁配比施用对水稻光合特性及产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2008,20(4):19-22.
[12] 谢 伟. 水肥耦合对水稻生长及产量的影响[D]. 长沙:湖南农业大学,2009.
[13] 王 丹,刘元英,彭显龙,等. 肥水优化管理对寒地水稻抗倒伏性能的影响[J]. 核农学报,2012,26(2):352-357.